

Uso de modelos anatómicos para entrenamiento medico con énfasis en cirugía

Diego Alejandro Bedoya Nieto¹

¹Estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de ciencias de la salud, Universidad Tecnológica de Pereira, cra 27 # 10-02, barrio Álamos, Pereira, Risaralda.

Palabras clave

Modelos anatómicos, entrenamiento médico, impresión 3D, entrenamiento quirúrgico, realidad virtual,

Resumen

Los modelos anatómicos son dispositivos que se basan en la replicación de estructuras para fines pedagógicos y son una alternativa eficiente en el entrenamiento médico para la enseñanza de técnicas quirúrgicas y abordajes que requieran de experticia técnica. El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de modelos anatómicos en la enseñanza médica. Se encontró que los modelos fueron diversos para la enseñanza de cirugía abdominal, ortopédica, toma de muestras y endoscopia entre otros. Se concluye que los modelos son una alternativa efectiva para reemplazar los modelos animales en la instrucción de las ciencias médicas.

Abstract

Anatomical models are devices that are based on the replication of structures for pedagogical purposes and are an efficient alternative in medical training for teaching surgical techniques and approaches that require technical expertise. The objective of this work was to conduct a bibliographic review on the use of anatomical models in medical education. It was found that the models were diverse for the teaching of

abdominal surgery, orthopedics, sampling and endoscopy among others. It is concluded that models are an effective alternative to replace animal models in medical science instruction.

Introducción

El clínico de la actualidad, debe contar con habilidades técnicas básicas que son exigidas por su profesión, y para esto debe de recibir un entrenamiento que le sea suficiente para adquirir la capacidad técnica que necesita para ser un profesional integral y competente, sin embargo la realización de prácticas en animales vivos esta cada día más limitada por las normas bioéticas de la actualidad y los estudiantes tienen menos alternativas para aprender de manera práctica procedimientos como cirugías o toma de muestras; en base a esto, cada día toma más fuerza la figura de modelos anatómicos para enseñanza médica, dispositivos que permitan de manera más inmersiva y tranquila para los aprendices y docentes, enseñar y aprender una variada gama de procedimientos sin poner en peligro la vida de ningún individuo ni la propia al exponerse a cadáveres preservados con sustancias nocivas.

La medicina es un compendio de procedimientos que buscan la resolución de problemas enfocados en el bienestar de un paciente, procesos que deben ser enseñados mediante entrenamiento practico (1). Entre los cuales encontramos tomas de muestras para procesos diagnósticos, intubación , ecografías y procedimientos quirúrgicos como ovario histerectomías, orquiectomias, remoción de tumores, procedimientos ortopédicos e intervenciones de tejidos blandos en donde se combinan habilidades técnicas con conocimientos clínicos (2), por lo cual el entrenamiento de futuros profesionales está en constante cambio (3) esto crea la necesidad de el desarrollo de modelos de simulación basados en la anatomía de los pacientes, los cuales son dispositivos que replican de la manera más acertada

posible la composición anatómica y funcional de un organismo, un sistema o un órgano con fines enfocados al aprendizaje de técnicas y procedimientos específicos (4). El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de modelos anatómicos en la enseñanza médica con énfasis en cirugía.

Objetivo General

Realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de modelos anatómicos en la enseñanza medica con énfasis en cirugía.

Materiales y métodos

EL proceso de búsqueda de la información en referencia se realizó de manera totalmente virtual; Se utilizaron las bases de datos, Google Scholar y NCBI (centro nacional de información biotecnológica) utilizando las palabras claves modelo animal, modelo virtual, enseñanza de la cirugía. Se revisó información de los últimos 15 años.

Resultados y discusión

El uso de simulaciones como alternativa diferente a cadáveres en la enseñanza de la medicina se remonta al siglo XVIII en Francia, donde se fabricaron modelos para obstetricia en humanos (5), sin embargo la utilización de modelos enfocados a la medicina veterinaria tuvo su avance más significativo en las últimas dos décadas (6).

La medicina veterinaria y la medicina humana han co-evolucionado a lo largo de los años (1), Los primeros avances en disciplinas como la anatomía, la farmacología, la fisiología y la cirugía han tenido que hacerse utilizando los medios disponibles que la tecnología y las normas éticas permitían, y al ser estas casi inexistentes hace unas décadas, miles de animales fueron sacrificados solo por fines experimentales

o de aprendizaje medico (6), con el avance de los medios tecnológicos y su disponibilidad, la aparición de normas bioéticas estrictas (7) y la creciente controversia de prácticas como la disección de animales vivos o la realización de procedimientos en animales enfermos (8), el gremio médico se vio en la necesidad de utilizar métodos más éticos y poco perjudiciales tanto para la integridad de animales como de humanos (9).

Alternativas de simulación para enseñanza medica

Se pueden encontrar gran variedad de alternativas de simulación, pero será más adecuado exponerlas de manera sectorizada. Se encontraron modelos según su tipo, según su construcción y según el procedimiento a realizar.

Modelos anatómicos según su tipo

-Modelos de replicación 3D

La información disponible sobre métodos de replicación en el aprendizaje de estudiantes en medicina es amplio, lo cual se justifica con los recursos tecnológicos que cada día están más a la mano de las instituciones, por ejemplo, alternativas como la replicación de imágenes producidas en tomografía son una realidad hoy en día. Por medio de tomografía se logró replicar el miembro anterior de un Beagle para luego diseñar un modelo en impresión 3D con un sistema capacitivo de entrenamiento para punción venosa, con el cual estudiantes novatos lograron un mejor desempeño in vivo (10). Los procedimientos para los que se utilizan este tipo de técnicas de replicación varían en complejidad, ya que se pueden realizar réplicas exactas del órgano afectado de un paciente vivo para hacer un procedimiento de complejidad técnica antes de realizarlo in vivo (11), esto puede evidenciarse en un estudio realizado en Tours, Francia en el cual se hizo una réplica rápida del riñón afectado de un paciente para realizar una nefrolitotomía percutánea, después de la prueba de un profesional con el modelo se logró una mayor efectividad en el procedimiento (12). Este tipo de alternativas es ideal en procedimiento quirúrgicos, la planeación de una cirugía puede llegar a niveles nunca alcanzados en este ámbito, como se hizo en la universidad de california replicando las mandíbulas

fracturadas de perros y gatos para planear de manera más acertada los procedimientos quirúrgicos consiguientes, lo cual permitió un mejor pronóstico y una funcionalidad mayor de las inserciones de platino utilizadas como prótesis (13).

-Modelos interactivos de realidad virtual.

Este tipo de modelos combinan la capacidad cognitiva y reactiva del estudiante a medio digitales, con la realización de procedimientos que requieren entrenamiento en las cuales se busca no usar animales vivos.

El apartado de modelos de realidad aumentada le permiten al aprendiz comprender el procedimiento de manera más calmada para un mayor entendimiento de la técnica y también permite una evaluación más acertada y que disminuye los sesgos del criterio docente, como se evidencia en la validación de un modelo de palpación bovina que conto con un transductor adherido a la palma de la mano del estudiante que luego de terminado el procedimiento sirvió para calificarlo con la grabación del transductor, identificando el acierto del reconocimiento y la ubicación de estructuras (14). El avance tecnológico de los métodos de enseñanza lleva más tiempo ligado a la medicina humana que a la medicina veterinaria, y esto es una ventaja para los estudiantes novatos que buscan maneras más adecuadas para conocer procedimientos y obtener capacidades técnicas en procedimientos invasivos que no podrían adquirir con los recursos actuales del ámbito veterinario, así, en la universidad de Auburn, un modelo virtual de simulación para endoscopia humana fue utilizado para mejorar las habilidades de aprendices veterinarios novatos, obteniendo como resultado, disminución de estrés durante el aprendizaje por parte de los estudiantes, una alternativa útil y funcional para abolir las prácticas en animales sedados y la mejora sustancial de las capacidades en endoscopia básica de los sometidos al experimento (15).

Se debe mencionar la creatividad de grupos de investigación que logran combinaciones muy útiles entre modelos físicos y realidad virtual, como se muestra en un experimento de replicación en 3D para toma de muestra sanguínea en canino,

donde a una jeringa común de 5 ml se le adecuo un dispositivo sensible al movimiento y un motor de vibración para conseguir que los estudiantes realizaran el procedimiento de manera virtual sin necesidad de un contacto físico real ni con el modelo impreso ni con una jeringa, el posicionamiento del miembro y de la jeringa se guiaba gracias a un programa computacional ligado a la jeringa y al modelo (10).

-Modelos con uso de maniqués interactivos.

Para los estudiantes es importante tener concepto espacial del paciente y comprender el manejo de un paciente de tamaño real, por esto los modelos de simulación múltiple contenidos en un individuo de cuerpo completo artificial, son una opción muy acertada en cuanto a entrenamiento médico, se han usado maniqués para comprobar si el uso de animales vivos o cadáveres es tan necesaria, para determinar si este tipo de opciones a veces poco éticas se debería seguir usando por funcionalidad y eficiencia; En un estudio se comparó el entrenamiento de aprendices veterinarios para la realización de traqueotomía percutánea dilatacional practicada en un maniquí interactivo canino y la misma técnica hecha en cadáveres frescos, obteniendo como resultado que ni en el tiempo de realización, ni la complejidad para ser realizado el procedimiento tuvieron diferencias significativas entre el maniquí y los cadáveres (16)

El desarrollo de este tipo de simuladores es llamativo, diversos sistemas pueden ser replicados mediante la adición de dispositivos individuales que juntos logran copias fieles de las funcionalidades sistémicas deseadas; Estos maniqués pueden ser comprados fácilmente por medios virtuales sin embargo, las opciones en cuanto a características útiles en el aprendizaje son limitadas, en un estudio se buscó convertir un modelo comercial de baja fidelidad en un modelo avanzado de características y calidad superiores, la modificación de la espuma de relleno , la adición de altavoces , captadores de presión, vasos sanguíneos con presión controlada y un software que dirigía todo, fueron los puntos en los que se trabajó, finalmente se llegó a un modelos multifuncional con pulsos femorales palpables bilaterales, corazón y pulmones auscultables y una unidad de reanimación

cardiopulmonar optimizada, Los estudiantes expresaron mediante una encuesta que su proceso de aprendizaje en RCP y toma de signos vitales mejoro sustancialmente después de sesiones de entrenamiento con el maniquí (17).

-Modelos específicos de partes anatómicas o sistemas.

Este tipo de modelos es tal vez el más utilizado en el ámbito de la cirugía , ya que permite una sectorización del organismo replicado para su posterior intervención, lo cual ayuda a la comodidad del aprendiz además de que al ser órganos individuales permite que la fiabilidad de la replicación sea mayor, sin embargo, la replicación de tejidos blandos como el intestino es aún un desafío para esta industria, marcas comerciales llevan un desarrollo de algunos años en esto, llegando al día de hoy a tener un catálogo de modelos que logran una experiencia inversiva en el estudiante pero que en cuestión de similitud con tejidos reales aun no serían lo ideal en el ámbito de formación técnica, esto se vio evidenciado en un estudio donde se sometió a 59 estudiantes de segundo año y 19 residentes de facultad a la realización de enterotomías en dos modelos comerciales, uno de equino y el otro de canino y en porciones de intestino provenientes de un animal sacrificado por razones médicas dos horas antes, Después de una encuesta, tanto los estudiantes como los profesionales coincidieron en que para manipulación de tejidos, eversión de la mucosa, paso de aguja y atado de nudos, el intestino del cadáver era el que más se acercaba al de un animal vivo y por lo tanto este sería el que recomendarían para posteriores sesiones de practica quirúrgica (18).

No se puede decir lo mismo de la totalidad de órganos artificiales producidos con fines pedagógicos, ya que órganos parenquimatosos son utilizados con excito para entrenamiento quirúrgico y al ser comparados obtienen resultados favorables , como en el caso de la realización de una prueba de tres modelos anatómicos parenquimatosos de hígado, riñón y bazo, en cada uno , un grupo de cirujanos realizo varios procedimientos como biopsias, abortamiento y retirada del órgano como tal según el caso, todos los modelos fueron calificados como excelente para la enseñanza de estos procedimientos a veterinarios novatos teniendo como

criterios de evaluación la textura, el color y el manejo de tejidos como tal (19). No podemos dejar de tener en cuenta que el objetivo de los modelos de sistemas específicos no va orientado exclusivamente a procedimientos completos, si no que se puede aprender en ellos técnicas como la obliteración de vasos que pueden ser útiles en cualquier otro procedimiento sin importar para que fue construido el modelo completo donde se haga (20).

Modelos anatómicos y sus materiales de construcción.

Cuando se trata de insumos para construcción de modelos de replicación anatómica, se puede encontrar una diversa gama de opciones, desde solo espuma hasta materiales de densidad editable como en los modelos de impresión 3D guiados por imágenes de tomografía (11). La viabilidad económica dependerá entonces del tipo de material y de la complejidad de la construcción, con el avance de la tecnología hoy en día se pueden adquirir dispositivos de alta complejidad y múltiples funcionalidades los cuales son llamados “de alta fidelidad” como también se puede contar con opciones de construcción más simples y por ende de funcionalidades limitadas, un estudio realizado en Illinois acerca de la comparación entre un modelo de fidelidad alta elaborado en silicona y otro de fidelidad baja construido a base de espuma; un grupo de estudiantes de segundo año y otro de profesionales realizo el cierre de una celiotomía en los dos modelos, después de la prueba ninguno de los dos grupos reporto diferencia significativas en cuando a funcionalidad y tiempo del procedimiento (21).

Modelos anatómicos según su utilidad técnica

La utilidad en el entrenamiento medico de cada uno de los dispositivos de simulación varia para cada uno y se describirán los más importantes a continuación

-Modelos para entrenamiento quirúrgico

El entrenamiento quirúrgico es el ámbito donde más se encuentra información de modelos anatómicos, sin embargo existen dispositivos específicos para el entrenamiento de la cirugía veterinaria como maniquíes de alta fidelidad con peso, textura y anatomía replicada fielmente a la real como se describe en un estudio sobre la eficiencia de un maniquí de fidelidad alta en la enseñanza de la técnica para ovario histerectomía en canino comparado con la misma cirugía realizada en animales vivos, donde se tomaron en cuenta las variables de tiempo en encontrar el primer pedículo ovárico, errores técnicos como hemorragia, lesión visceral o ligaduras sueltas y tiempo de realización de la cirugía, tanto los docentes como los estudiantes calificaron el modelo como útil para la enseñanza de cirugía en la práctica de su pregrado y no hubieron diferencias significativas entre el procedimiento hecho en los animales vivos y el dispositivo de replicación (22).

La utilidad de estas herramientas es evidente en los ámbitos más básicos de la cirugía como son la sutura y el manejo primario de tejidos, por ejemplo en un estudio realizado en la universidad de Ontario concluyo que los estudiantes sin experiencia en cirugía laparoscópica pueden aprender las habilidades técnicas necesarias para realizar una sutura intracorpórea simulada a través de la práctica repetitiva y autodirigida en un entrenador de caja laparoscópica (23). Lo anterior demuestra que gracias a la tecnología y al desarrollo de nuevos métodos pedagógicos, el aprendizaje de técnicas quirúrgicas es de mejor calidad año tras año comparado a dos décadas atrás.

-Modelos para entrenamiento de métodos diagnósticos

Las pruebas diagnósticas como la ecografía también requieren de un entrenamiento técnico que debe ser proporcionado en las instituciones, por ello e intentando suplir esta necesidad, se proponen alternativas como el realizado en un estudio donde con gel balístico se logró obtener imágenes ecográficas similares a las que se pueden hallar en libros de referencia en esta disciplina (24).

Se consideran también los modelos de replicación que permiten el muestreo de tejidos y procedimientos de alto riesgo como la punción lumbar que debe ser realizada siempre por un profesional experimentado que conozca la técnica, sin embargo, como alternativa para el entrenamiento de estudiantes novatos se cuenta con modelos como el realizado en un estudio de la universidad de Wake Forest en Estados Unidos donde se diseñó a bajo costo un modelo replicado de la columna de un paciente sano por medio de impresión 3D a partir de imágenes provenientes de tomografía, este modelo fue útil para la enseñanza del posicionamiento y la profundidad adecuada durante la punción lumbar según la respuesta de los profesionales encargados del entrenamiento (25).

Conclusiones

Es posible evidenciar la alta variabilidad de modelos anatómicos presentes en la literatura y que mediante una búsqueda poco exigente, se puede acceder a ella.

Gracias a la evidencia mostrada en este trabajo se concluye que los métodos de replicación anatómica son una opción que hoy en día puede estar al alcance de la mayoría de aprendices veterinarios y docentes, teniendo en cuenta el avance de la tecnología.

Un modelo anatómico puede replicar de manera fiel la realidad y llegar a niveles de detalle bastante altos, utilizando técnicas como la tomografía para impresión 3D (8), así que estos son útiles para reflejar la realidad según el material y el método de construcción utilizado.

Recomendaciones

Procurar hacer uso de alternativas diferentes a la utilización de animales vivos en la práctica veterinaria, aprovechar la cantidad de información disponible para que, bajo una base científica fundamentada se

Se recomienda realizar más estudio de este estilo en Colombia, ya que no se encuentra mucha información enfocada a Latinoamérica, sus características de mercado y el tipo de instituciones existentes.

Mediante la creatividad y la recursividad, fomentar el desarrollo de métodos de construcción y materiales innovadores y mejores ya sea en cuanto a utilidad como en el ámbito económico.

Bibliografía

1. Hart LA, Wood MW, Weng HY. Mainstreaming alternatives in veterinary medical education: Resource development and curricular reform. *J Vet Med Educ.* 2005;32(4):473–80.
2. Smeak DD. Teaching surgery to the veterinary novice: The Ohio State University experience. *J Vet Med Educ.* 2007;34(5):620–7.
3. Rösch T, Schaper E, Tipold A, Fischer MR, Dilly M, Ehlers JP. Clinical skills of veterinary students - a cross-sectional study of the self-concept and exposure to skills training in Hannover, Germany. *BMC Vet Res.* 2014;10(1):1–10.
4. Aeckersberg G, Gkremoutis A, Schmitz-Rixen T, Kaiser E. The relevance of low-fidelity virtual reality simulators compared with other learning methods in basic endovascular skills training. *J Vasc Surg [Internet]. Elsevier Inc.;* 2019;69(1):227–35. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.10.047>
5. Baillie S. Utilisation of simulators in veterinary training. *Cattle Pract.* 2007;15(3):224–8.
6. Knight A. The effectiveness of humane teaching methods in veterinary education. *ALTEX.* 2007;24(2):91–109.
7. Giraldo Luis Fernando, Zuluaga Conrado. Bioética en la experimentación científica con animales: cuestión de reglame...: EBSCOhost. *Rev Lasallista Investig [Internet].* 2012;3(1):159–66. Available from: <http://nebulosa.icesi.edu.co:2517/ehost/detail/detail?vid=28&sid=b9c39d21-ac33-46ac-8924-b9b81e293912%40sessionmgr103&hid=125&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0Z>

T1laG9zdC1saXZl#AN=87049431&db=asn

8. Mcmenamin PG, Quayle MR, Mchenry CR, Adams JW. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anat Sci Educ*. 2014;7(6):479–86.
9. Groscurth P, Eggli P, Kapfhammer J, Rager G, Hornung JP, Fasel JDH. Gross anatomy in the surgical curriculum in Switzerland: Improved cadaver preservation, anatomical models, and course development. *Anat Rec*. 2001;265(6):254–6.
10. Lee S, Lee J, Lee A, Park N, Lee S, Song S, et al. Augmented reality intravenous injection simulator based 3D medical imaging for veterinary medicine. *Vet J [Internet]*. Elsevier Ltd; 2013;196(2):197–202. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.09.015>
11. O'Reilly MK, Reese S, Herlihy T, Geoghegan T, Cantwell CP, Feeney RNM, et al. Fabrication and assessment of 3D printed anatomical models of the lower limb for anatomical teaching and femoral vessel access training in medicine. *Anat Sci Educ*. 2016;9(1):71–9.
12. Bruyère F, Leroux C, Brunereau L, Lermusiaux P. Rapid prototyping model for percutaneous nephrolithotomy training. *J Endourol*. 2008;22(1):91–5.
13. Winer JN, Verstraete FJM, Cissell DD, Lucero S, Athanasiou KA, Arzi B. The application of 3-dimensional printing for preoperative planning in oral and maxillofacial surgery in dogs and cats. *Vet Surg*. 2017;46(7):942–51.
14. Baillie S, Crossan A, Brewster S, Mellor D, Reid S. Validation of a Bovine Rectal Palpation Simulator for training veterinary students. *Stud Health Technol Inform*. 2005;111:33–6.
15. McCool KE, Bissett SA, Hill TL, Degernes LA, Hawkins EC. Evaluation of a Human Virtual-Reality Endoscopy Trainer for Teaching Early Endoscopy Skills to Veterinarians. *J Vet Med Educ*. 2019;1–11.
16. Pardo MA, Sumner JP, Friello A, Fletcher DJ, Goggs R. Assessment of the

percutaneous dilatational tracheostomy technique in experimental manikins and canine cadavers. *J Vet Emerg Crit Care*. 2019;29(5):484–94.

17. Fletcher DJ, Militello R, Schoeffler GL, Rogers CL. Development and evaluation of a high-fidelity canine patient simulator for veterinary clinical training. *J Vet Med Educ*. 2012;39(1):7–12.
18. Grimes JA, Wallace ML, Schmiedt CW, Parks AH. Evaluation of surgical models for training veterinary students to perform enterotomies. *Vet Surg*. 2019;48(6):985–96.
19. GREENFIELD CL, JOHNSON AL, ARENDS MW, WROBLEWSKI AJ. Development of Parenchymal Abdominal Organ Models for Use in Teaching Veterinary Soft Tissue Surgery. *Vet Surg*. 1993;22(5):357–62.
20. Griffon DJ, Cronin P, Kirby B, Cottrell DF. Evaluation of a hemostasis model for teaching ovariohysterectomy in veterinary surgery. *Vet Surg*. 2000;29(4):309–16.
21. Williamson JA, Brisson BA, Anderson SL, Farrell RM, Spangler D. Comparison of 2 canine celiotomy closure models for training novice veterinary students. *Vet Surg*. 2019;48(6):966–74.
22. Au Yong JA, Case JB, Kim SE, Verpaalen VD, McConkey MJ. Survey of instructor and student impressions of a high-fidelity model in canine ovariohysterectomy surgical training. *Vet Surg*. 2019;48(6):975–84.
23. Kilkenny JJ, White K, Singh A. Evaluating veterinary student skill acquisition on a laparoscopic suturing exercise after simulation training. *Vet Surg*. 2019;48(S1):O66–73.
24. Duque SR, Perdomo CM. Desarrollo de un modelo anatómico en gel balístico para la práctica ecográfica en caninos: comparación con la realidad. *J Chem Inf Model*. 2018;53(9):1689–99.
25. Odom M, Gomez JR, Danelson KA, Sarwal A. Development of a Homemade Spinal Model for Simulation to Teach Ultrasound Guidance for Lumbar

Puncture. Neurocrit Care [Internet]. Springer US; 2019; Available from:
<https://doi.org/10.1007/s12028-019-00779-4>